

UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL



INFORME TÉCNICO

DIAGNÓSTICO DE UNA NANOCUENCA PARA SUMINISTRO A
UNA GRANJA ACUÍCOLA UBICADA EN EL MUNICIPIO DE
SUCHIAPA; CHIAPAS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
LICENCIADO EN INGENIERÍA AMBIENTAL

PRESENTA:

CHRISTOPHER PÉREZ ESPINOSA

DIRECTOR:

MTRO. ULISES GONZÁLEZ VÁZQUEZ

CODIRECTORES:

DR. JOSÉ MANUEL GÓMEZ RAMOS

DR. RUBÉN ALEJANDRO VÁZQUEZ SÁNCHEZ



TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS

NOVIEMBRE DE 2022

**DIAGNÓSTICO DE LA NANOCUENCA PARA SUMINISTRO A UNA GRANJA ACUÍCOLA UBICADA EN
EL MUNICIPIO DE SUCHIAPA; CHIAPAS**
UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, le agradezco a Dios por haberme otorgado una gran familia, quienes han creído en mí siempre, dándome el ejemplo para persistir y mantener la firmeza en mis metas hasta alcanzarlas.

Agradezco mucho a mis profesores, por su apoyo y dedicación para proveernos de las herramientas necesarias para el desarrollo de nuestras capacidades.

Al Mtro. Ulises Gonzáles Vázquez por su motivación, compromiso y por compartir toda su experiencia necesaria para hoy lograr dar este gran paso en mi vida, ¡de verdad MUCHAS GRACIAS!

A los Doctores José Manuel Gómez Ramos y Rubén Alejandro Vázquez Sánchez por su compromiso y dedicación para con los alumnos, proporcionando las herramientas necesarias para desarrollar nuestras capacidades.

A todos ellos les doy gracias y espero contar siempre con su apoyo.

A la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, por ser mi alma mater.

¡POR LA CULTURA DE MI RAZA!

DEDICATORIA

Este producto es resultado del esfuerzo, sinergia y apoyo de las personas que han confiado en mi persona, que me han dado el aliento necesario para cumplir mis metas y que a lo largo de mi vida han aportado muchas lecciones importantes que me han hecho un mejor ser humano.

A mi madre, por ser esa mujer inagotable que siempre estuvo para darme el apoyo y las herramientas necesarias para salir adelante, quien a pesar de las dificultades nunca se rindió y hoy ve a sus hijos salir adelante realizando sus sueños un paso a la vez. ¡Te amo mamá!

Al Amor de mi vida, quien ha sido mi pilar, mi punto de partida y me proporciona la energía necesaria para levantarme cuando los pies se agotan; quien conocí en este recinto educativo, quien me ha visto crecer estando a mi lado, festejando cada una de nuestras victorias y me ha levantándome en los tropiezos.

A ti mi amor, gracias ¡te amo!

A mi hermano por ser mi ejemplo y por guiarme durante muchos años, tú me enseñaste a ser fuerte y nunca rendirme. Has sido quien ocupó la silla vacía en casa y quien muchas veces puso el pecho por delante por mí, muchas gracias, ¡te amo hermano!

Al Ing. Sergio por su apoyo, su confianza y amistad; por haberme dado la oportunidad ¡Gracias!

A mis amigos y familiares, cada uno ha plasmado de forma directa o indirecta parte de su esencia en mí y han moldeado quien soy hoy en día, ustedes han sido participes de esto, ¡muchas gracias!

CONTENIDO

DEDICATORIA	4
1. INTRODUCCIÓN.....	8
2. ANTECEDENTES.....	9
2.1 ANTECEDENTES DE LA ACUICULTURA EN MÉXICO	9
2.2 Antecedentes de la Acuicultura en Chiapas	11
2.3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL ESTABLECIMIENTO DE GRANJAS ACUÍCOLAS.....	11
3. MARCO NORMATIVO LEGAL.....	12
3.1 LEGISLACIÓN FEDERAL	12
3.1.1 LEY GENERAL DE PESCA Y ACUACULTURA SUSTENTABLE (LGPAS)	12
3.1.2 PLAN NACIONAL DE DESARROLLO.....	14
3.2 LEGISLACIÓN ESTATAL.....	14
3.2.1 LEY DE PESCA Y ACUACULTURA SUSTENTABLE PARA EL ESTADO DE CHIAPAS.....	14
3.2.2 PLAN ESTATAL DE DESARROLLO	15
3.3 NORMAS OFICIALES MEXICANAS (NOM)	15
4. MARCO TEÓRICO.....	16
4.1 VARIABLES INDEPENDIENTES	16
4.1.1 ÁREA (A)	16
4.1.2 PERÍMETRO.....	17
4.1.3 LONGITUD DE LA CUENCA.....	18
4.1.4 LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL.....	18
4.1.5 COTA MÁXIMA Y MÍNIMA	19
4.2 VARIABLES FÍSICO-QUÍMICAS DEL AGUA	20
4.2.1 METALES PESADOS	20
5. OBJETIVOS	21
5.1 OBJETIVO GENERAL.....	21
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
6. METODOLOGÍA.....	22
5. RESULTADOS.....	23
5.1 NMX-AA-051-SCFI-2001	23
5.2 ANÁLISIS DE LA NANOCUENCA	25

**DIAGNÓSTICO DE LA NANOCUENCA PARA SUMINISTRO A UNA GRANJA ACUÍCOLA UBICADA EN
EL MUNICIPIO DE SUCHIAPA; CHIAPAS**
UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

5.2.1 ÁMBITO ABIÓTICO.....	25
5.2.2 CLIMA	26
4.1.2 EDAFOLOGÍA.....	28
5.2.3 DELIMITACIÓN DE LA NANOCUENCA	32
5.3 CÁLCULO DE VARIABLES MORFOMÉTRICAS DE LA CUENCA.....	38
5.3.1 VARIABLES INDEPENDIENTES	38
5.3.2 VARIABLES DEPENDIENTES.....	39
5.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	39
5.4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE CALIDAD DEL AGUA (NMX-AA-051-SCFI-2001).....	39
5.4.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LAS VARIABLES MORFOMÉTRICAS DE LA NANOCUENCA.....	40
REFERENCIAS	42
ANEXO A RESULTADOS DEL EXAMEN DE CALIDAD DEL AGUA CON RESPECTO A LA NMX-AA-051-SCFI-2001 PARA METALES PESADOS.....	46

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Área de una cuenca.....	17
Imagen 2. Longitud y Perímetro de una Cuenca.....	18
Imagen 3. Longitud del Cauce Principal de una Cuenca Fuente: (Garay & Agüero, 2018).....	19
Ilustración 4. Metodología empleada para la determinación de las características físicas de la cuenca y la calidad del agua.....	22
Imagen 5. Tipos de Vegetación en la Zona de Estudio.....	26
Imagen 6. Clima de la nanocuenca.....	27
Imagen 7. Precipitación en el período de mayo a octubre.....	27
Imagen 8. Precipitación en el período de noviembre a abril.....	28
Imagen 9. Estructura edafológica de la nanocuenca.....	29
Imagen 10. Geología de la nanocuenca.....	30
Imagen 11. Erosión en la Nanocuenca de Estudio.....	31
Imagen 12. MOET para la zona de estudio.....	32
Imagen 13. Modelo de Elevación Digital de la Zona de Estudio.....	33
Imagen 14. Cálculo de dirección del flujo.....	33
Imagen 15. Interpolación de microcuencas.....	34
Imagen 16. División de Nanocuencas.....	35
Imagen 17. Conversión de la Capa Nanocuencas a formato KML.....	35
Imagen 18. Proyección de las Nanocuencas en Google Earth.....	36
Imagen 19. Delimitación de la Zona de Estudio a partir de la elevación del terreno.....	37
Imagen 20. Cálculo de trayectoria de los flujos internos.....	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros de Referencia.....	24
Tabla 2. Variables Independientes de la Cuenca.....	38
Tabla 3. Variables independientes de la cuenca.....	39

1. INTRODUCCIÓN

La población mundial crece a pasos agigantados, la ONU destaca que se prevé un aumento de hasta 2 mil millones de habitantes en el mundo para el 2050; esto repercutirá en el ambiente, aumentando la demanda de bienes y servicios para satisfacer las necesidades de alimentación y bienestar (Unidas Organización de Naciones, 2021).

En este sentido, el consumo de alimentos de origen acuático es considerado como un pilar importante en la base alimenticia de los seres humanos, no sólo por su valor nutricional y proteico; sino además por su valor económico y su rendimiento productivo. Es así que la producción controlada de estas especies puede generar un rendimiento superior al de la producción ovina, aviar o porcina (Platas & Vilaboa , 2014).

La acuicultura se define como la producción de cualquier ser vivo en un medio acuático con fines comerciales o de consumo, procurando mantener las condiciones óptimas de la calidad del agua e implica la cultura de manejo de su ciclo natural (Platas & Vilaboa , 2014). La Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables en México define ésta actividad como se menciona:

“El conjunto de actividades dirigidas a la reproducción controlada, preengorda y engorda de especies de la fauna y flora realizadas en instalaciones ubicadas en aguas dulces, marinas o salobres, por medio de técnicas de cría o cultivo, que sean susceptibles de explotación comercial...” (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2018; p. 3).

Podemos clasificarla en tres tipos según las condiciones productivas; Intensivo, Semi-intensivo y Extensivo, cada una de ellas caracterizada por su proceso de desarrollo, objetivo de producción, procesos alimenticios y monitoreo de la calidad del agua (González & Hernández, 2018).

En este sentido, la producción intensiva de especies acuáticas se caracteriza por espacios controlados con un flujo constante de agua, donde se monitorean los parámetros físico-químicos, se suministra alimento de alto valor proteico y su producción es con fines comerciales. Generalmente ésta práctica se realiza en terrenos con poca extensión donde se acondiciona el sitio para posteriormente ubicar una geomembrana que permite el embalse del agua para la producción.

2. ANTECEDENTES

2.1 ANTECEDENTES DE LA ACUICULTURA EN MÉXICO

Durante las últimas décadas el sector acuícola ha crecido de forma exponencial en el mundo, ubicándose como un sector con un amplio campo de oportunidades. El desarrollo a nivel mundial de ésta práctica ha crecido entre un 18-20% anual lo cual refleja no sólo su potencial sino el posicionamiento en el mercado de sus productos y derivados; tal es el caso que se estima que representa cerca del 30% de los productos pesqueros consumidos hoy en día (Mendoza, 2006).

La acuicultura es considerada una práctica renovable que ha formado parte de nuestros vestigios prehispánicos en México; en un principio con fines religiosos que a través de los años ha sufrido modificaciones en su estructura física y jurídica (Cuéllar Lugo *et al*, 2018). La historia de la acuicultura en México data de la época colonial en la que ésta actividad estaba relacionada a diversas tradiciones y prácticas de producción alimentaria; sin embargo, en la época la Corona Española este paradigma cambió, reglamentándose la pesca como único método de captura donde se establecían los métodos, herramienta de captura y las autorizaciones correspondientes a esta actividad, provocando un estancamiento de esta actividad en el México independiente (Cuéllar Lugo *et al*, 2018).

Posteriormente ésta época la práctica tomó relevancia a través de la disposición oficial que establecía como *“privilegio exclusivo a Carlos Jacobi para la introducción de pescados dulces que existan en la República por el término de doce años, pudiéndolos propagar y aclimatar en el Valle de México”*. Ésta disposición oficial fue establecida por el Presidente Miguel Miramón establecía generando la exclusividad de la producción y venta de especies nuevas en territorio mexicano a favor de Carlos Jacobi, con la única condición de que éste le proporcionara de forma gratuita los huevos de peces que considerara el Estado para la repoblación de especies en cuerpos de agua del País (Langarica, 2019).

Posteriormente durante el período de gobierno de Benito Juárez se ordenó reformar estas Leyes, dando así la instrucción a Justo Sierra de considerar en el Libro Segundo del Código Civil a los estanques para la crianza de peces como viveros animales dedicado a la clasificación de los bienes inmuebles de la nación a través de la primera legislación pesquera: “La instrucción sobre la manera de proceder respecto a las pesquerías”; esto significó un parteaguas para el establecimiento de la piscicultura como un medio de producción de peces libre para la población, cancelando así el acuerdo anterior (Yurrita, 2000).

Si bien se identifica que es a partir del período de 1950 a 1976 como el inicio de un proceso de reordenamiento político en materia de legislación pesquera en México con un infravalorado mercado piscícola, las acciones generadas en estos años fueron aisladas, con minúscula inversión del sector público y privado, con reducida capacidad de desarrollo de nuevas tecnologías y con un desperdicio descomunal del potencial hídrico en México (Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, 2007)

El 29 de diciembre de 1976 se funda el Departamento de Pesca, como una dependencia del poder ejecutivo en México con el propósito de unificar todas aquellas funciones en materia pesquera que se encontraban dispersas en diferentes Instituciones a fin de establecer una política unitaria y congruente (Secretaría de Gobernación, 1979).

Posteriormente en 1977 se constituye el primer Plan Nacional de Desarrollo Pesquero del País, el cual es definido como el primer logro del proceso descentralizado logrando la delegación de las funciones relacionadas a la promoción para el establecimiento de nuevas unidades pesqueras a través de Delegados Federales de Pesca (Martínez & Laxe, 2016).

Actualmente México registra una tasa de crecimiento anual del 15% con una producción de 337,018 Ton producidas al año, las cuales representan el 22% de la producción pesquera nacional (Cuéllar Lugo *et al*, 2018).

Finalmente, el desarrollo evolutivo de esta actividad da como resultado que la captura de recursos acuáticos a través de la pesca tradicional ha ido reduciéndose paulatinamente durante los últimos años, mientras que la acuicultura ha incrementado su presencia en la materia tomando un peso importante en la satisfacción de las necesidades de consumo (Gobierno de México, 2018).

2.2 Antecedentes de la Acuicultura en Chiapas

Chiapas está ubicado al sureste de la república mexicana, colindando al norte con Tabasco, al sur con el Océano Pacífico, al este con la República de Guatemala y al oeste con los Estados de Veracruz y Oaxaca. Está integrado por 124 municipios agrupados en quince regiones socioeconómicas: I Metropolitana, II Valle Zoque, III Mezcalapa, IV De los Llanos, V Altos Tsotsil-Tzeltal, VI La Frailesca, VII De los Bosques, VIII Norte, IX Istmo-Costa, X Soconusco, XI Sierra Mariscal, XII Selva Lacandona, XIII Maya, XIV Tulum Tzeltal Chol, XV Meseta Comiteca (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación del Estado de Chiapas, 2006). La extensión territorial del Estado se aproxima a los 74,415 km² el cual representa el 3.8% de la superficie Nacional.

Sin embargo, de acuerdo al Subdirector Giovanni Fiore de la Comisión Nacional de la Acuicultura y Pesca (El Herald de Chiapas, 2018), el estado de Chiapas es considerado como el de mayor superficie a nivel Nacional para el desarrollo de esta actividad, ya que se tiene contabilizado más de 3.3 millones de hectáreas aptas para la aplicación de esta tecnología de producción.

Sumado a esto la ubicación dentro de la franja tropical del planeta y la presencia de embalses naturales y cuerpos de agua de relevancia Nacional propician las condiciones climáticas y morfométricas idóneas del terreno para el desarrollo de la acuicultura de diversas especies dentro del territorio. No obstante, la contaminación hídrica provocada por actividades antrópicas a cuerpos de agua superficiales y subterráneos, así como la falta de inversión para el desarrollo de tecnologías en la materia ha frenado el desarrollo del sector acuícola en Chiapas (Gutiérrez, 2004).

2.3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL ESTABLECIMIENTO DE GRANJAS ACUÍCOLAS

La producción de peces a través de la acuicultura intensiva permite el control y mantenimiento de las condiciones óptimas del medio de producción a través del monitoreo permanente y específico que permite tener las mejores condiciones para la crianza; parámetros físico-químicos como Oxígeno Disuelto (OD), potencial de Hidrógeno (pH), Compuestos Nitrogenados, Temperatura, Metales pesados, entre otros. La variabilidad de estos indicadores determinará la calidad y cantidad de la producción de una determinada especie (Gobierno del Estado de Jalisco, 2014).

3. MARCO NORMATIVO LEGAL

3.1 LEGISLACIÓN FEDERAL

3.1.1 LEY GENERAL DE PESCA Y ACUACULTURA SUSTENTABLE (LGPAS)

La Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentable (LGPAS) establece la acuicultura como un medio de producción controlado para la preengorda o engorda de especies acuáticas con fines comerciales; a partir de esto se cuenta con documentos normativos encargados de regular los procesos productivos estableciendo lineamientos generales en pro de alcanzar mejores estándares de calidad en su producción.

La LGPAS tiene por objeto establecer las bases para el ejercicio de esta actividad dentro de los límites territoriales y marinos de la Nación, bajo el principio de concurrencia propiciando el desarrollo sustentable de la pesca y acuicultura en México (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2018).

Esta Ley establece en su artículo 4 que las Entidades Federativas ejercerán las competencias que le correspondan de acuerdo a lo marcado establecido en esa Ley, dejando aquellas que sean competencia Federación a disposición de la Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA).

Entre las atribuciones de la CONAPESCA se destacan las mencionadas en las siguientes fracciones del **artículo 8.-** Corresponde a la Secretaría las siguientes atribuciones:

- I. Regular, fomentar y administrar el aprovechamiento de los recursos pesqueros y acuícolas;*
- II. Proponer, formular, coordinar y ejecutar la política nacional de pesca y acuicultura sustentables, así como los planes y programas que de ella se deriven;*
- III. Establecer las medidas administrativas y de control a que deban sujetarse las actividades de pesca y acuicultura;*
- VII. Expedir normas para el aprovechamiento, manejo, conservación y traslado de los recursos pesqueros y acuícolas, en los términos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización;*
- XXX. Establecer y operar el Sistema Nacional de Información Pesquera y Acuícola y el Registro Nacional de Pesca y Acuicultura, así como mantenerlos actualizados en forma permanente, de conformidad con las disposiciones legales aplicables;*

XXXV. Promover la participación activa de las comunidades y los productores en la administración y manejo de los recursos pesqueros y acuícolas, a través del Consejo Nacional de Pesca y Acuicultura;

XL. Promover, regular, dirigir e implementar la ejecución de acciones de mitigación y adaptación al cambio climático en materia de pesca y acuicultura sustentables, en concordancia con la Política Nacional de Pesca y Acuicultura Sustentables;

Estas fracciones refieren a que los procesos de aprovechamiento y regulación de esta práctica están sujetos a procesos de validación, verificación y control ante organismos federales, estableciendo así el padrón de productores a nivel Nacional y los programas para el fortalecimiento de estas actividades.

Mientras tanto, el artículo 13 de la Ley citada establece la competencia de los Gobiernos de los Estados las siguientes facultades:

I. Diseñar y aplicar la política, los instrumentos y los programas para la pesca y la acuicultura estatal, en concordancia con la Política Nacional de Pesca y Acuicultura Sustentables, vinculándolos con los programas nacionales, sectoriales y regionales, así como con su respectivo Plan de Desarrollo de la entidad federativa;

IV. Participar con las dependencias competentes de la Administración Pública Federal en la elaboración de planes de manejo y de normas oficiales de conformidad con la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y otras disposiciones aplicables;

VI. Establecer, operar y mantener actualizado el Sistema de la entidad federativa de Información Pesquera y Acuícola y participar en la integración del Sistema Nacional de Información Pesquera y Acuícola, de conformidad con las disposiciones legales aplicables, así como integrar y operar el sistema estadístico pesquero y acuícola estatal y proporcionar la información estadística local a las autoridades federales competentes para actualizar la Carta Nacional Pesquera y la Carta Nacional Acuícola;

IX. Participar en la formulación e implementación de los programas de ordenamiento pesquero y acuícola;

XIV. Promover mecanismos de participación pública de los productores en el manejo y conservación de los recursos pesqueros y acuícolas conforme a lo dispuesto en esta Ley y otras disposiciones jurídicas federales y locales aplicables;

XVII. Coordinarse con la Federación, con otras Entidades Federativas, con sus Municipios o, en su caso, con las demarcaciones territoriales de la Ciudad de México en materia de pesca y acuicultura sustentables, para la implementación de acciones para la mitigación y adaptación al cambio climático,

3.1.2 PLAN NACIONAL DE DESARROLLO

El gobierno de México ha demostrado un compromiso inherente para con el Desarrollo Sostenible del País, considerando los Derechos Humanos de quienes aún no han nacido. Es así que a través de Plan Nacional de Desarrollo incluye el establecimiento de Universidades para el Bienestar en zonas de alta densidad demográfica, con alto rezago social y problemas de violencia; la oferta educativa provista incluye a la Ingeniería en Acuicultura, con el objetivo de proveer de conocimientos y herramientas a las comunidades y sectores más vulnerables de la sociedad, reduciendo la brecha de desigualdad social del País (Gobierno de México, 2019).

3.2 LEGISLACIÓN ESTATAL

3.2.1 LEY DE PESCA Y ACUACULTURA SUSTENTABLE PARA EL ESTADO DE CHIAPAS

La Ley de Pesca y Acuicultura Sustentable para el Estado de Chiapas fue publicada en el Periódico Oficial del Estado No. 164 de fecha 13 de mayo de 2009 con el objetivo de regular, fomentar y administrar el aprovechamiento de los recursos pesqueros y acuícolas en el territorio estatal, procurando el acceso, uso y disfrute preferentemente de las comunidades y pueblos indígenas del Estado (Secretaría de Gobierno del Estado de Chiapas, 2009).

Esta Ley define a la acuicultura como:

“El conjunto de actividades dirigidas a la reproducción controlada, preengorda y engorda de especies de la fauna y flora, realizadas en instalaciones ubicadas en aguas dulces, marinas o salobres, por medio de técnicas de cría o cultivo que sean susceptibles de explotación comercial, ornamental o recreativa”.

Esta Ley establece también la figura de acuicultura social con el fin de identificar a la producción pesquera con fines comerciales realizada por grupos organizados ubicados en localidades con altos índices de marginación; esta definición se asemeja a la reconocida en la Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentable como acuicultura rural; priorizando a los sectores más vulnerables de la sociedad.

Así mismo propone dotar a la acuicultura social de las capacidades técnicas, financieras y tecnológicas a través de un programa de infraestructura que incorpore ordenadamente las zonas de marismas a la producción acuícola. En este sentido la Ley estatal contempla al menos siete programas de desarrollo pesquero en el Estado; Fomento y Desarrollo Pesquero y Acuícola, Fortalecimiento de la Cadena Productiva, Ordenamiento Pesquero, Organización, Capacitación, Investigación, Difusión y Promoción de Productos Pesqueros y Acuícolas, Infraestructura Pesquera y Comercialización.

3.2.2 PLAN ESTATAL DE DESARROLLO

A través de la Política Pública 4.3.4.- Pesca por el Bienestar del Eje 4.- Desarrollo Económico y Competitividad correspondiente al Plan Estatal de Desarrollo (PED) se estableció el objetivo de incrementar la productividad pesquera y acuícola del Estado, a través de 6 estrategias:

- 4.3.4.1. Fortalecer las capacidades de los pescadores con enfoque de resiliencia.
- 4.3.4.2. Mejorar la calidad de la producción pesquera y acuícola.
- 4.3.4.3. Mejorar las unidades de producción acuícola.
- 4.3.4.4. Fortalecer el equipamiento y artes de pesca.
- 4.3.4.5. Fortalecer la inspección y vigilancia pesquera.
- 4.3.4.6. Apoyar a las organizaciones pesqueras y acuícolas con esquemas de financiamiento.

El objetivo establecido en el PED para el crecimiento acuícola impactará en indicadores como aumento de la producción pesquera y su valor comercial, así como un aumento en el bienestar de las familias que dependen de esta actividad económica.

3.3 NORMAS OFICIALES MEXICANAS (NOM)

Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) se encargan de regular y/o establecer los lineamientos generales para la producción acuícola; en este sentido hallamos las siguientes normas

- NOM-022-PESC-1994; la cual establece las especificaciones generales para el establecimiento y operación de granjas acuícolas en el territorio Nacional. Esta norma tiene por objeto establecer prácticas de higiene para prevenir y controlar los agentes causantes de enfermedades en granjas acuícolas y elevar la calidad de los organismos acuáticos producidos.
- NOM-010-PESC-1993; establece los requisitos sanitarios para importación de organismos acuáticos en cualesquiera de sus fases de desarrollo para fines de acuicultura u ornato.

4. MARCO TEÓRICO

Una cuenca es considerada como una unidad de gestión de los recursos hídricos, la cual está delimitada por un parteaguas en el que convergen todos los escurrimientos a un flujo principal que desemboca en un cuerpo de agua superficial; en este sentido existen diversas variables morfométricas que describen el comportamiento de los escurrimientos durante avenidas importantes conocidas como variables dependientes e independientes.

Las variables independientes son aquellas de medición simple que caracterizan valores sencillos de la cuenca, como perímetro, superficie y longitud, son considerados valores de medición directa y es a partir de estos que se derivan las variables indirectas como el índice de forma, razón de elongación, coeficiente de circularidad, entre otros que describen el comportamiento directo de los escurrimientos ante la presencia de eventos hidrometeorológicos considerables.

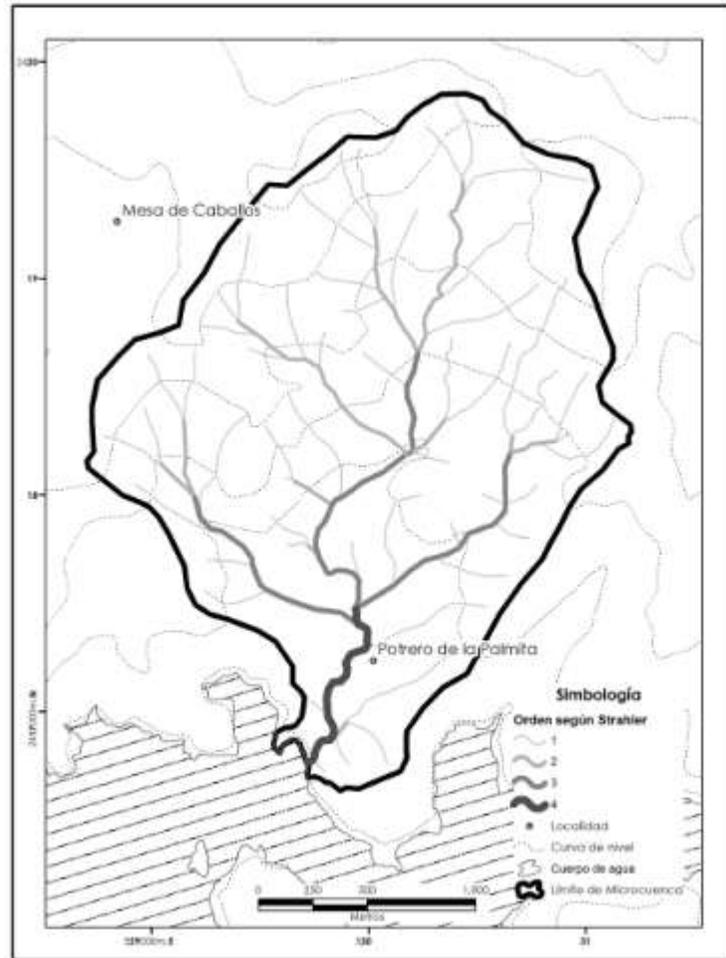
Estos indicadores nos describen su capacidad de drenaje y saturación que permite identificar riesgos a la infraestructura baja de la cuenca, permitiendo así la toma de decisiones de forma consciente e informada (Alicia Martín Campo, 2011).

4.1 VARIABLES INDEPENDIENTES

4.1.1 ÁREA (A)

Es definida como el espacio adimensional de toda la superficie de la cuenca donde se producen los escurrimientos, el cual va dirigido de forma directa o indirecta a un mismo cauce natural. El límite del área está definido por la divisoria de aguas de la zona de estudio; éste parámetro se expresa normalmente en km^2 (Garzón, 2020).

Imagen 1. Área de una cuenca



Fuente: (Valdés Carrera & Henández Guerrero, 2018)

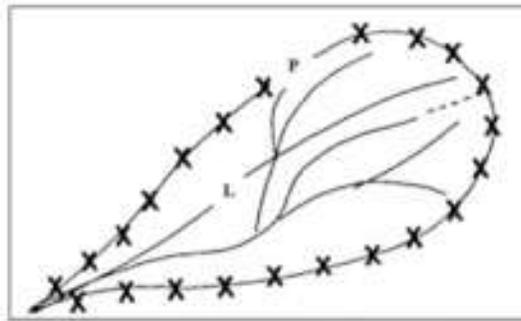
4.1.2 PERÍMETRO

Es la longitud sobre un plano horizontal, que recorre la divisoria de aguas. Éste parámetro se mide en unidades de longitud y se expresa normalmente en metros o kilómetros dependiendo el tamaño del área de estudio.

4.1.3 LONGITUD DE LA CUENCA

La longitud de la cuenca se define a partir de la longitud del cauce principal, que básicamente se relaciona a la distancia entre el punto de desfogue de la cuenca y el punto topográfico más alejado aguas arriba hasta el parteaguas de la misma. Este parámetro es indispensable para el cálculo de índices morfométricos de una cuenca (Ibañez, Ramón & Blanquer, 2012).

Imagen 2. Longitud y Perímetro de una Cuenca

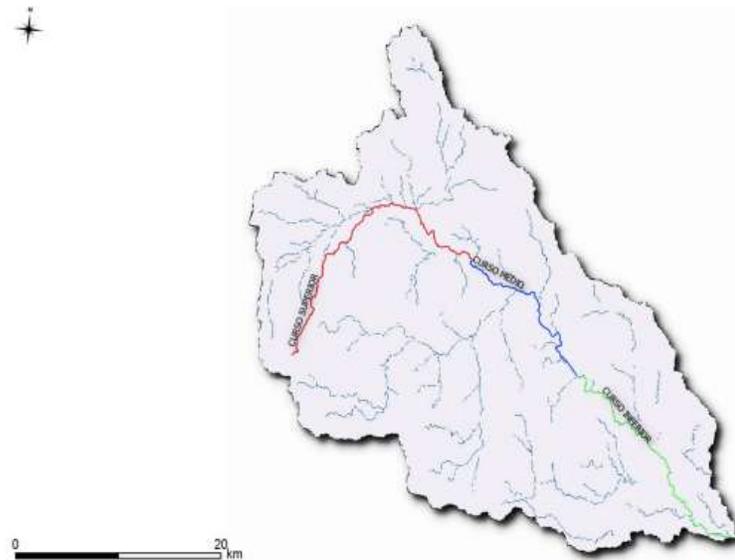


Fuente: (Ibañez, Ramón & Blanquer, 2012)

4.1.4 LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL

La longitud del cauce principal está dada por la trayectoria del afluente con mayor caudal dentro de la cuenca, el cual se calcula a partir de la longitud desde el punto donde se origina el escurrimiento hasta donde sale de la cuenca; sin embargo. Al igual que el área de una cuenca, la longitud del cauce principal de una cuenca influye en la generación de escorrentía y el tiempo de concentración.

Imagen 3. Longitud del Cauce Principal de una Cuenca Fuente: (Garay & Agüero, 2018)



4.1.5 COTA MÁXIMA Y MÍNIMA

Se entiende por cota máxima a la altura máxima alcanzada en el parteaguas de una cuenca y a la cota máxima al punto más cercano previo al punto de desfogue, su cálculo está relacionado con el cálculo de la pendiente de la cuenca que determina buena parte de los escurrimientos superficiales presentes en una cuenca.

4.1.7 FACTOR DE FORMA

El factor de forma se relaciona al área y al cuadrado de la longitud de la cuenca e intenta medir que tan alargada puede ser la fisiografía de una cuenca. En este sentido cuencas con un Factor de forma menor a 1 tienden a tener una buena regulación del drenaje producido durante lluvias intensas, aumentando así el tiempo de concentración de la misma y reduciendo inundaciones en la parte baja de la cuenca (Cardona, 2017).

4.1.8 RAZÓN DE CIRCULARIDAD

La razón de circularidad fue introducida en 1935 por Miller y se relaciona con el área de un círculo con de igual perímetro. Esta variable no tiene mayor relevancia en el comportamiento hidrológico de una cuenca, sin embargo, nos puede indicar el relieve, su litología y la capacidad de drenaje de una cuenca (Jardí, 1985)

Está dada por la fórmula

$$Rc = \frac{4\pi A}{p^2}$$

4.1.9 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

El tiempo de concentración se define como la duración mínima que tarda una gota en trasladarse desde el punto más alejado de la cuenca hasta el punto de salida; esta variable está relacionada con la pendiente, tipo de suelo, vegetación e índice de precipitaciones, pues ante la presencia de datos atípicos de cualquiera de las variables mencionadas podría modificar el tiempo de concentración de una cuenca (Matauco, 2004).

4.1.10 PENDIENTE

La pendiente tiene una relación directa con la velocidad de los escurrimientos superficiales, el proceso de infiltración, la humedad del suelo y la recarga de acuífero; pues a mayor pendiente, mayor será el volumen de escurrimiento superficial en la cuenca, por lo tanto, habrá menos tiempo de concentración evitando así la infiltración del agua al subsuelo y la posterior recarga de acuíferos. Las cuencas con pendientes pronunciadas tienden a tener un mayor impacto de erosión y degradación, contribuyendo a la generación de sedimentos en la parte baja de la cuenca (Rojo, 2014)

4.2 VARIABLES FÍSICO-QUÍMICAS DEL AGUA

4.2.1 METALES PESADOS

No existe una definición técnica específica o rigurosa soportada en una base científica o química para los “metales pesados”; sin embargo, los elementos incluidos en esta categoría se caracterizan generalmente por contener una gravedad específica superior a 5 y desde el punto de vista químico estos se clasifican como elementos de transición o de post-transición incluyendo algunos metales como el arsénico y selenio (Vallarino, 2011).

5. OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GENERAL

Caracterizar parámetros físicos de una nanocuenca, así como análisis físico-químicos del agua respecto a la presencia de metales pesados (NMX-AA-SCFI-2001) para el establecimiento y aprovechamiento de una granja acuícola.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- I. Analizar los resultados obtenidos de acuerdo a las pruebas de laboratorio, determinando la factibilidad y cumplimiento de criterios para el establecimiento y aprovechamiento de este recurso hídrico en una granja acuícola.

- II. Delimitar la extensión territorial de la nanocuenca hidrográfica que abastece el afluente de la granja.

- III. Determinar los parámetros físicos de la nanocuenca.

6. METODOLOGÍA

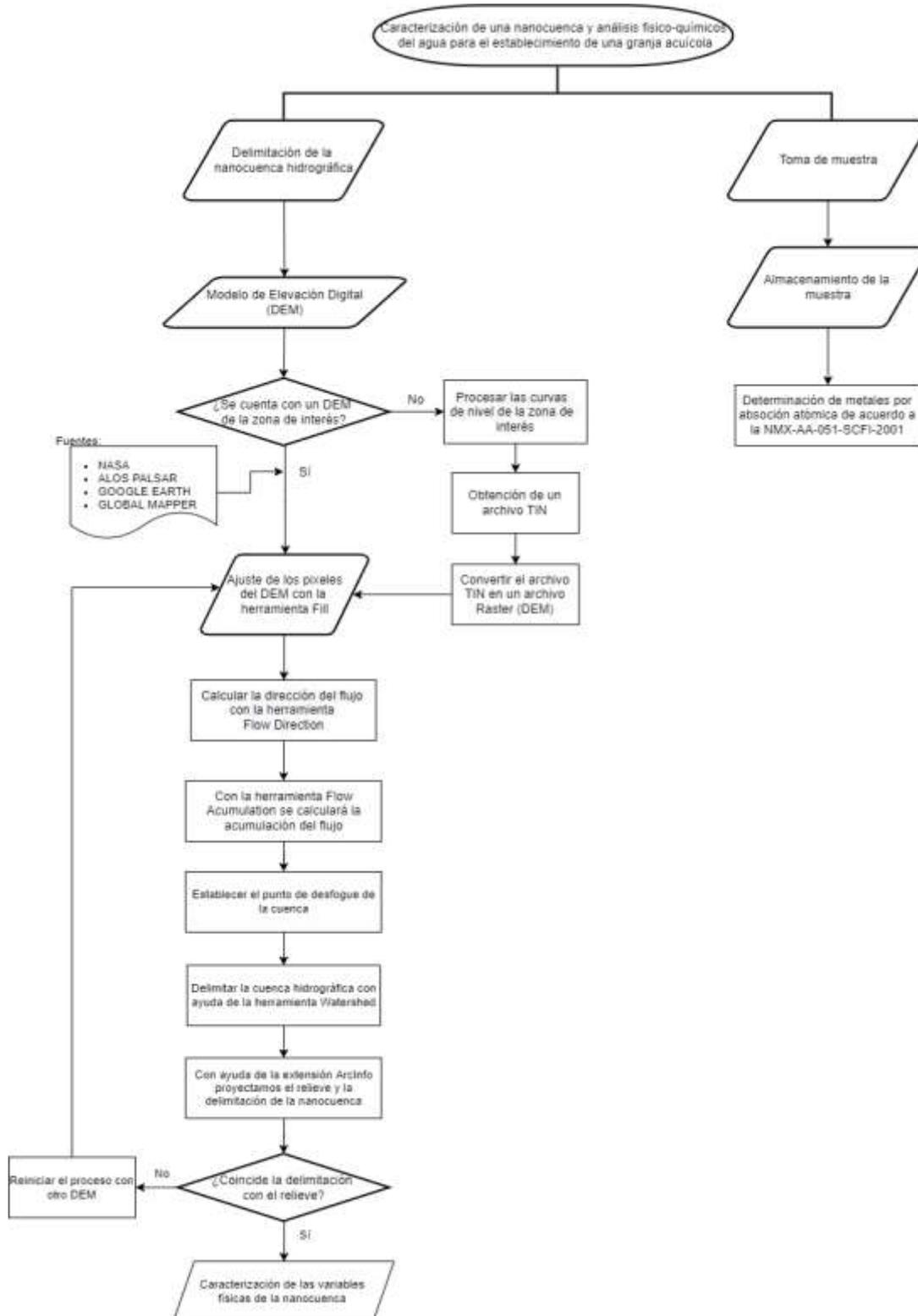


Ilustración 4. Metodología empleada para la determinación de las características físicas de la cuenca y la calidad del agua.

5. RESULTADOS

5.1 NMX-AA-051-SCFI-2001

Se analizó la calidad del agua respecto a la presencia de metales pesados utilizando la metodología establecida en la norma NMX-AA-051-SCFI-2001 la cual se basa en la generación de átomos en estado basal y en la medición de la cantidad de energía absorbida por estos, que es directamente proporcional a la concentración de ese elemento en la muestra analizada; ésta valoración se realiza a través de espectrofotometría de absorción atómica y determina los metales disueltos, totales, suspendidos y recuperables en aguas naturales, potables, residuales y residuales tratadas.

El presente análisis se realizó con el apoyo del Laboratorio de Análisis Instrumental de un Laboratorio Certificado y con este resultado esperamos obtener los parámetros que indiquen la presencia y concentración de estos metales en el flujo que alimenta la granja; así mismo,

La norma menciona necesarios los siguientes materiales:

- A. Balanza analítica
- B. Espectrofotómetro de Absorción Atómica (EAA) Con haz sencillo o doble, monocromador, detector, fotomultiplicador ajustable al ancho de banda espectral, intervalo de longitud de onda que contenga las longitudes de los analitos a analizar y provisto de una interfase con registrador o un adecuado sistema de datos.
- C. Generador de hidruros
- D. Vapor frío
- E. Horno de grafito. Equipo capaz de programar las temperaturas, tiempos y flujos de gas inerte y alterno en los pasos para atomizar la muestra, debe contar con un sistema de enfriamiento para controlar la temperatura del horno.
- F. Lámparas de: Aluminio, antimonio, arsénico, bario, berilio, bismuto, calcio, cadmio, cesio, cobalto, cobre, cromo, estaño, estroncio, hierro, iridio, magnesio, manganeso, mercurio, molibdeno, litio, níquel, oro, osmio, plata, platino, plomo, potasio, podio, rubidio, selenio, silicio, sodio, titanio, vanadio, zinc (además de otros elementos de interés en el análisis de aguas).
- G. Autoclave y/o placa de calentamiento
- H. Quemadores de 10 cm de 1 ranura, de 10 cm de 3 ranuras y para óxido nitroso de 5 cm o los recomendados por el fabricante del equipo.

- I. Celda de cuarzo cilíndrica para el generador de hidruros o la recomendada por el fabricante del equipo.
- J. Papel filtro número 40 o equivalente
- K. Pipetas volumétricas tipo A o micropipetas calibradas
- L. Cajas Petri
- M. Tubos de grafito y accesorios
- N. Material de consumo que necesite el espectrofotómetro en flama y/o horno y/o generador de hidruros y/o vapor frío
- O. Membrana de filtración de 0.45 micras

Todo el material volumétrico deberá ser clase A con certificado y/o en su caso calibrado, además de ser exclusivo para este procedimiento. Para el lavado del material se debe remojar durante 1 h en una disolución de ácido nítrico al 10% para posteriormente enjuagar, recordando no usar detergentes con base amoniacal y su uso será restringido dentro del laboratorio.

Los reactivos y patrones a utilizar deberán ser grado reactivo, mientras tanto para las determinaciones que se realicen en el horno de grafito deben ser de grado suprapuor o equivalente. Los reactivos necesarios son los siguientes:

- A. Agua que cumpla con las siguientes especificaciones:

Tabla 1. Parámetros de Referencia

	Agua Tipo I	Agua Tipo II
Resistividad (megohm -cm a 25°C)	18	>10
Conductividad (µS/cm a 25°C)	≤0.06	<0.1

Fuente: NMX-AA-051-SCFI-2001

- B. Ácido clorhídrico concentrado (HCl)
- C. Ácido nítrico concentrado (HNO₃)
- D. Ácido sulfúrico concentrado (H₂SO₄)
- E. Disolución de borohidruro de sodio (NaBH₄) en hidróxido de sodio (NaOH) a la concentración especificada por el fabricante del equipo. Esta disolución debe prepararse justo antes de realizar el análisis.
- F. Aire comprimido libre de agua y aceite

- G. Acetileno grado absorción atómica
- H. Argón grado alta pureza o absorción atómica
- I. Nitrógeno grado alta pureza o absorción atómica
- J. Óxido nitroso grado alta pureza o absorción atómica
- K. Disolución patrón (certificada y/o preparada en el laboratorio 1 g/L o 1 g/Kg)
- L. Disolución patrón intermedia: Preparar las disoluciones patrón de acuerdo al método tomando una alícuota adecuada de la disolución patrón certificada.
- M. Disoluciones patrón: Demostrar el intervalo lineal con un mínimo de 4 disoluciones y un blanco que estén dentro del intervalo de trabajo.
- N. Disolución patrón para la matriz adicionada: La concentración depende del metal a analizar y de la técnica utilizada, se debe preparar a partir de la disolución patrón intermedia.

Una vez teniendo los materiales y reactivos necesarios se procede a seguir con la metodología definida en la norma NMX-AA-244-SCFI-2001, la cual se encuentra en el siguiente link <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166785/NMX-AA-051-SCFI-2001.pdf> para fines ilustrativos.

5.2 ANÁLISIS DE LA NANOCUENCA

5.2.1 ÁMBITO ABIÓTICO

La vegetación juega un papel esencial en el desarrollo de diversos procesos naturales que se efectúan al interior de las cuencas, ya que ayudan a mantener la calidad del agua, regular la cantidad y periodicidad de los cauces equilibrando el ambiente aguas arriba y abajo; así mismo la presencia de cobertura vegetal se relaciona directamente al almacenando CO₂, reduciendo inundaciones en la parte baja de las cuencas. La zona de estudio alberga 5 tipos de vegetación, entre los que destacan pastizal cultivado en la parte alta, selva caducifolia en la parte media y agricultura de temporal en la parte baja de la cuenca; esto concuerda con los procesos erosivos presentes en la zona de estudio.

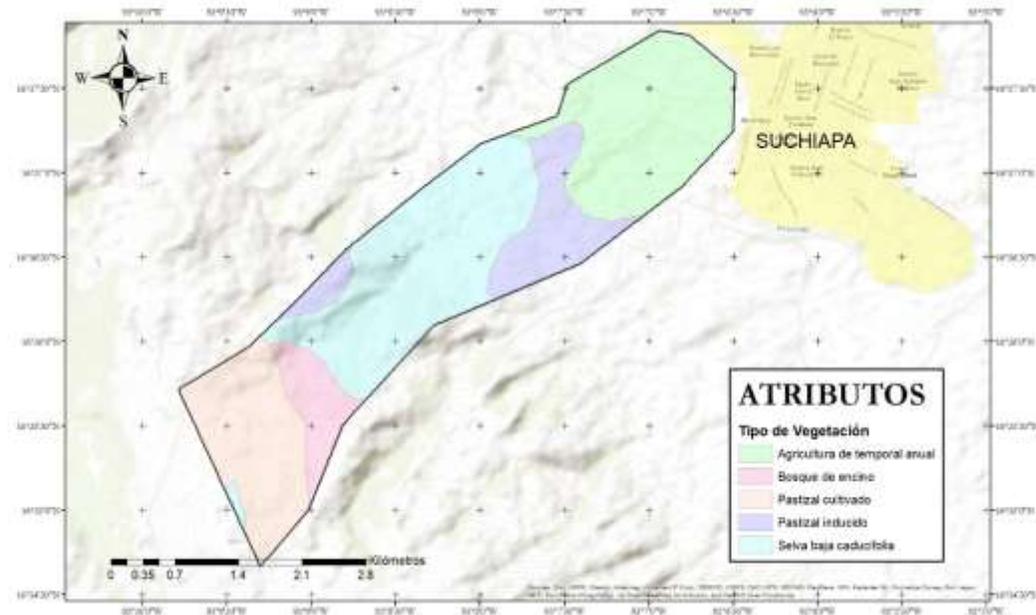


Imagen 5. Tipos de Vegetación en la Zona de Estudio
Fuente: Elaboración propia

5.2.2 CLIMA

El clima es una variable definida por las condiciones atmosféricas predominantes de un sitio en un período determinado (Turizo & Salgado , 2006); en este sentido, la zona de estudio presenta clima predominantemente cálido subhúmedo que se caracteriza por una marcada temporada de lluvias que abarca los meses de mayo a octubre, mientras que la temporada de estiaje corresponde al período de noviembre a abril (ver imagen 6, 7 y 8).

DIAGNÓSTICO DE LA NANOCUENCA PARA SUMINISTRO A UNA GRANJA ACUÍCOLA UBICADA EN EL MUNICIPIO DE SUCHIAPA; CHIAPAS
UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

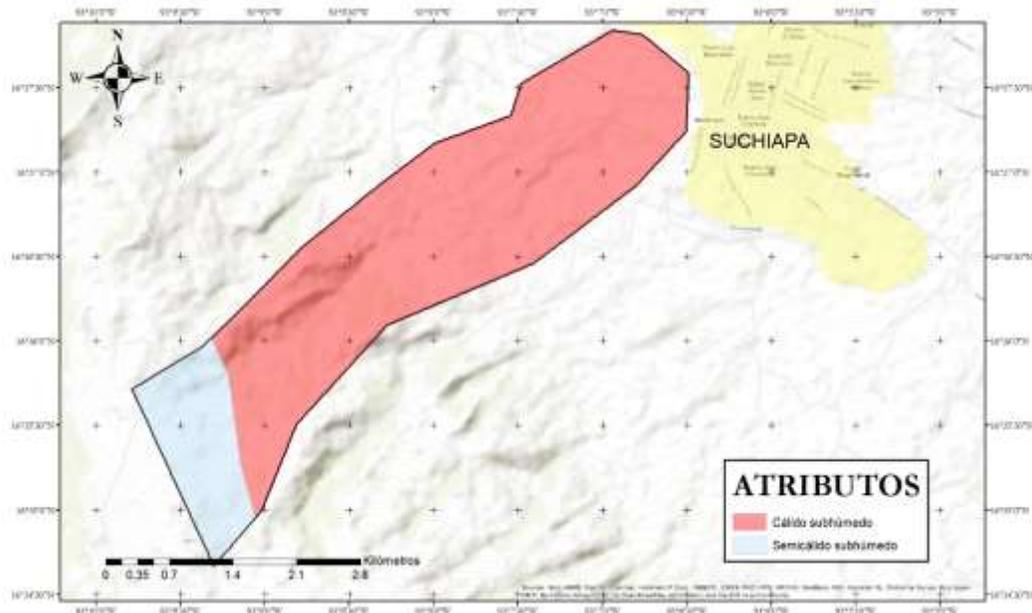


Imagen 6. Clima de la nanocuenca
Fuente: Elaboración propia

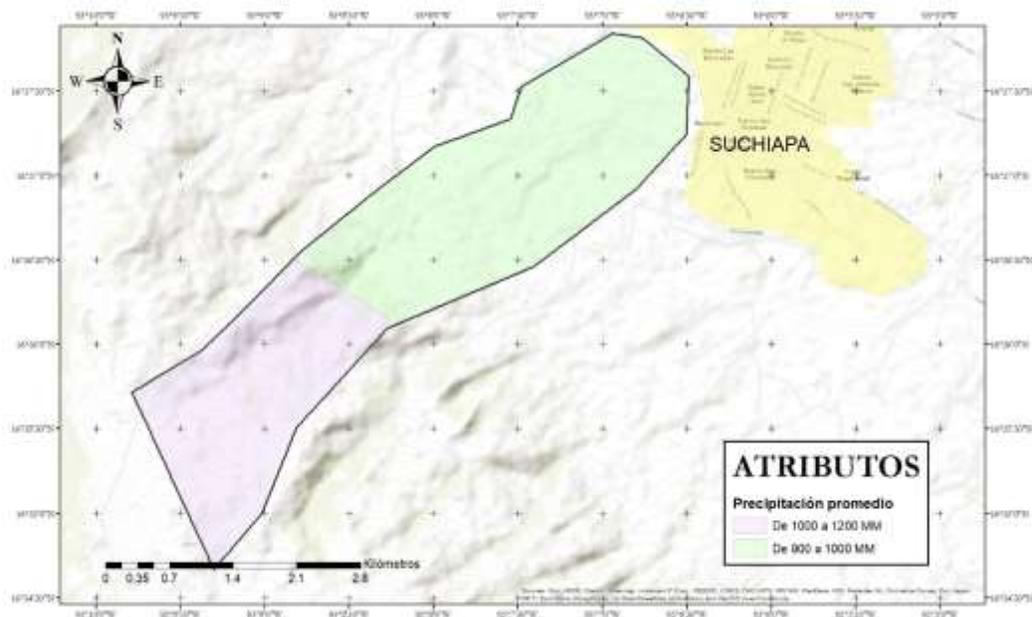


Imagen 7. Precipitación en el período de mayo a octubre
Fuente: Elaboración propia



Imagen 8. Precipitación en el período de noviembre a abril
Fuente: Elaboración propia

4.1.2 EDAFOLOGÍA

El suelo es definido como la capa superficial del planeta donde intervienen diversos procesos geológicos, biológicos y antropogénicos; dando así el proceso de transferencia de materia y energía (López, 2006). El suelo de la zona de estudio se caracteriza por la presencia de grupos edafológicos correspondientes a Endolépticos, Lítico en la parte alta y media de la cuenca, mientras que en la parte baja hallamos Rendzico y Pélico (ver imagen 9).

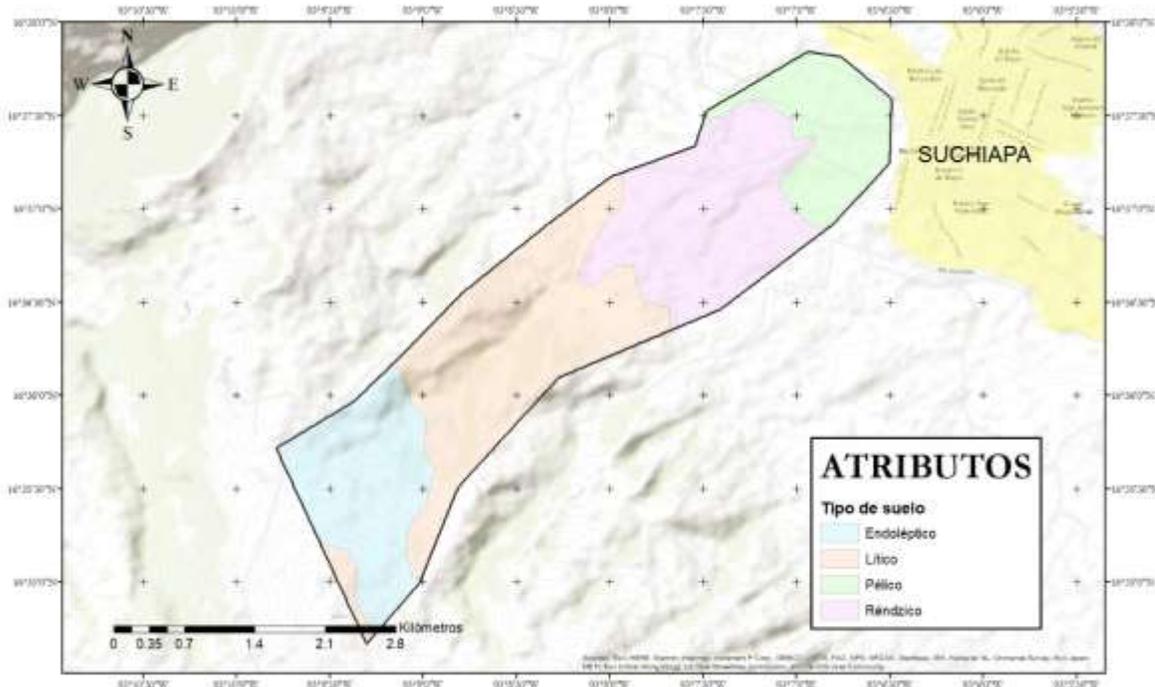


Imagen 9. Estructura edafológica de la nanocuenca

Fuente: Elaboración propia

Los suelos endolépticos se caracterizan por la presencia de rocas macizas en los primeros 50-100 cm de profundidad (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2014). El suelo lítico es un indicador de suelos constituidos por roca sólida y calizas; generalmente esta clasificación del suelo se halla en zonas de ladera o con pendientes pronunciadas con potencial riesgo de erosión, su textura es franco arenoso con presencia de vegetación baja y con pH alcalino, también poseen bajo índice de almacenamiento de agua debido a su bajo índice de permeabilidad. Mientras tanto el suelo pélico lo podemos ubicar en zonas llanas de clima tropical, semiárido a subhúmedo se distingue por la presencia de arcillas esmectíticas que combinadas con la lluvia provocan hinchamiento del suelo, y su agrietamiento en temporada de estiaje (Universidad de Sevilla, 2015). Finalmente, el suelo rendzico se ubica generalmente sobre suelo calizo con alto índice de materia orgánica que benefician la producción agrícola, sin embargo, su escasa profundidad los vuelve muy áridos y el calcio que contienen puede neutralizar los procesos biológicos inhibiendo el crecimiento de algunas especies de plantas (ver imagen 10).

**DIAGNÓSTICO DE LA NANOCUENCA PARA SUMINISTRO A UNA GRANJA ACUÍCOLA UBICADA EN
EL MUNICIPIO DE SUCHIAPA; CHIAPAS**
UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

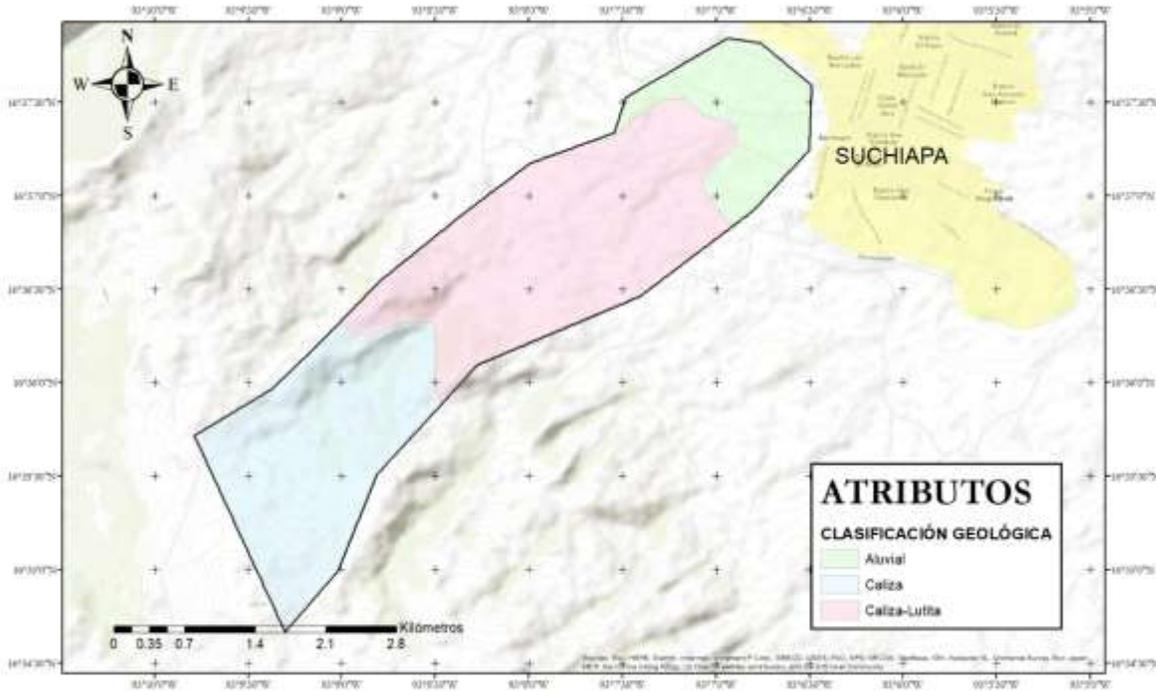


Imagen 10. Geología de la nanocuenca

Fuente: Elaboración propia

Estas propiedades edafológicas pueden verse reflejadas en el índice de erosión de la nanocuenca, donde podemos identificar que, si bien la cuenca no presenta síntomas de erosión severa, la parte alta y baja de la cuenca presentan erosión hídrica leve generada por escurrimientos.

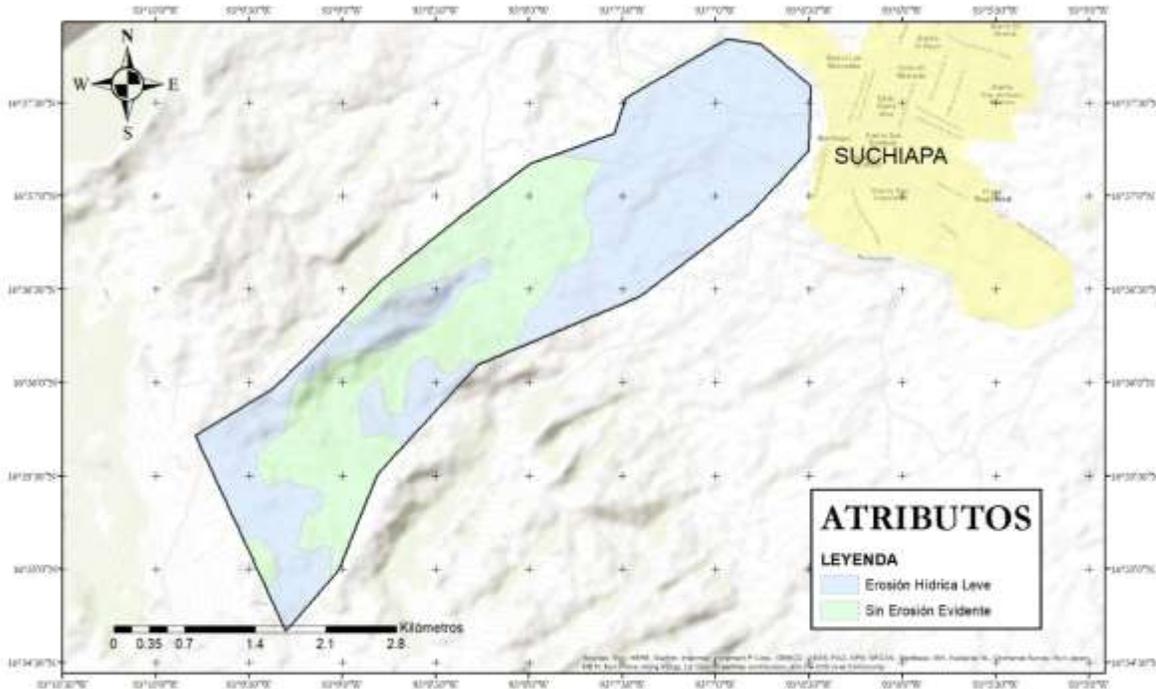


Imagen 11. Erosión en la Nanocuenca de Estudio

Fuente: Elaboración propia

Esto concuerda con lo establecido en el Modelo de Ordenamiento Ecológico y Territorial (MOET) para la zona de estudio, donde establece a la parte alta como zona de aprovechamiento y restauración, la parte media de la cuenca como de conservación o restauración y la zona baja de la cuenca donde se pretende ubicar la granja como zona de aprovechamiento.

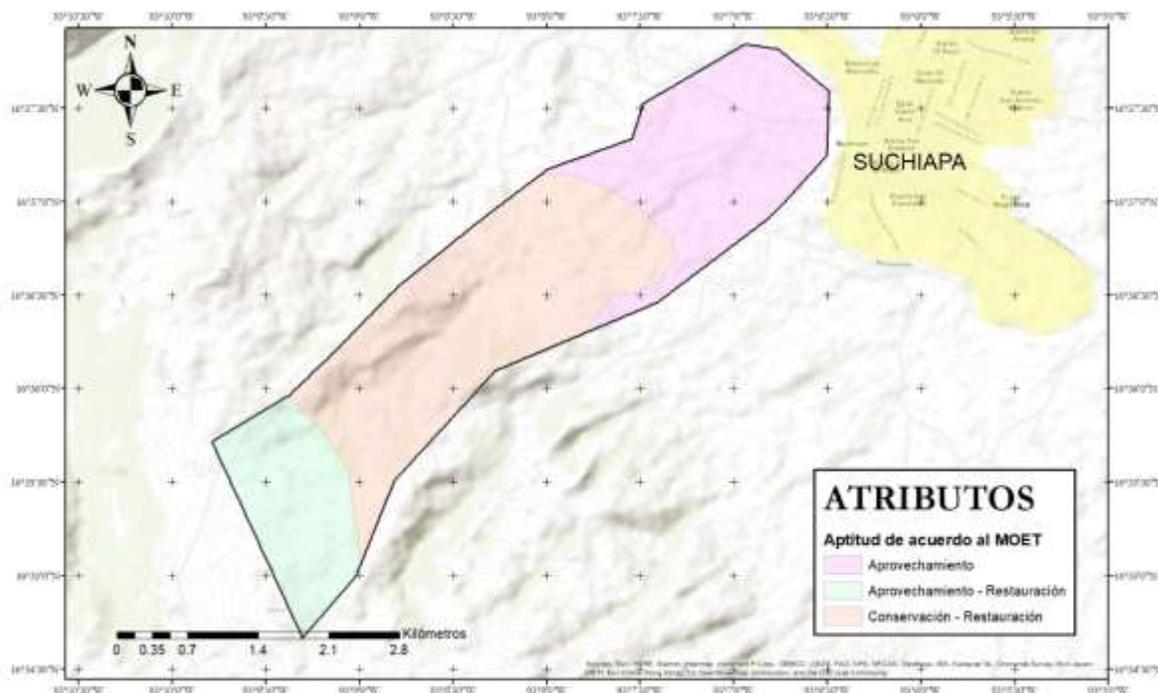


Imagen 12. MOET para la zona de estudio

Fuente: Elaboración propia

5.2.3 DELIMITACIÓN DE LA NANOCUENCA

Los Modelos de Elevación Digital (DEM) del ALOS PALSAR y es uno de los múltiples recursos cartográficos disponibles dentro de los productos del satélite ALOS de Agencia Japonesa de Exploración Aeroespacial (JAXA) y se caracterizan por su alta resolución. Es por eso que fueron utilizados para la delimitación de la cuenca.

Por lo tanto, se procedió a descargar el ALOS PALSAR DEM de la región de interés desde el portal Data Search Vertex de la NASA. Posteriormente ésta capa fue procesada a través del Software ArcGis 10.5 2016, eliminando impurezas de la capa a través de la herramienta "Fill" de las herramientas hidrológicas del programa.

DIAGNÓSTICO DE LA NANOCUENCA PARA SUMINISTRO A UNA GRANJA ACUÍCOLA UBICADA EN EL MUNICIPIO DE SUCHIAPA; CHIAPAS
UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

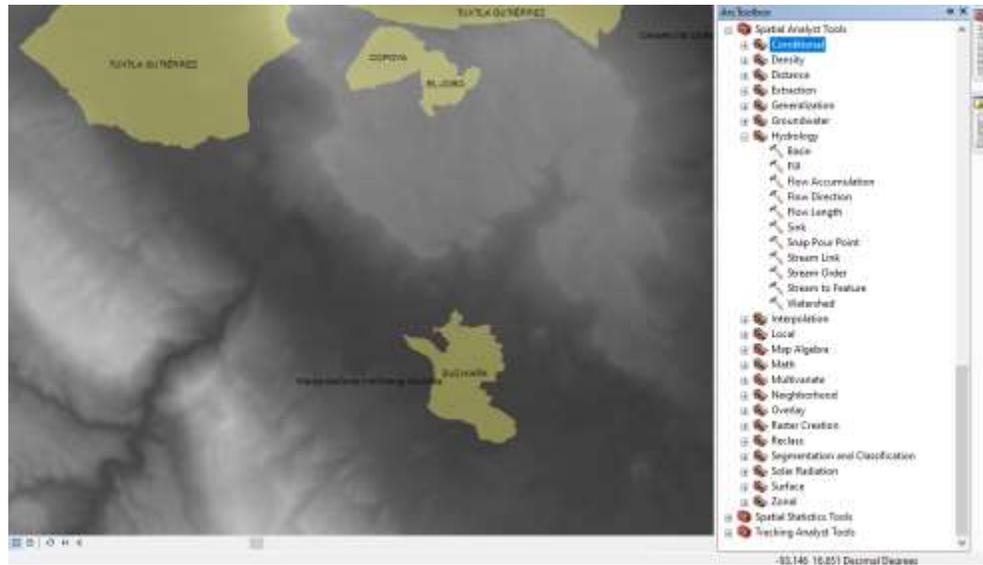


Imagen 13. Modelo de Elevación Digital de la Zona de Estudio

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se procedió a calcular la dirección de los flujos a través de la herramienta “FlowDirection”.

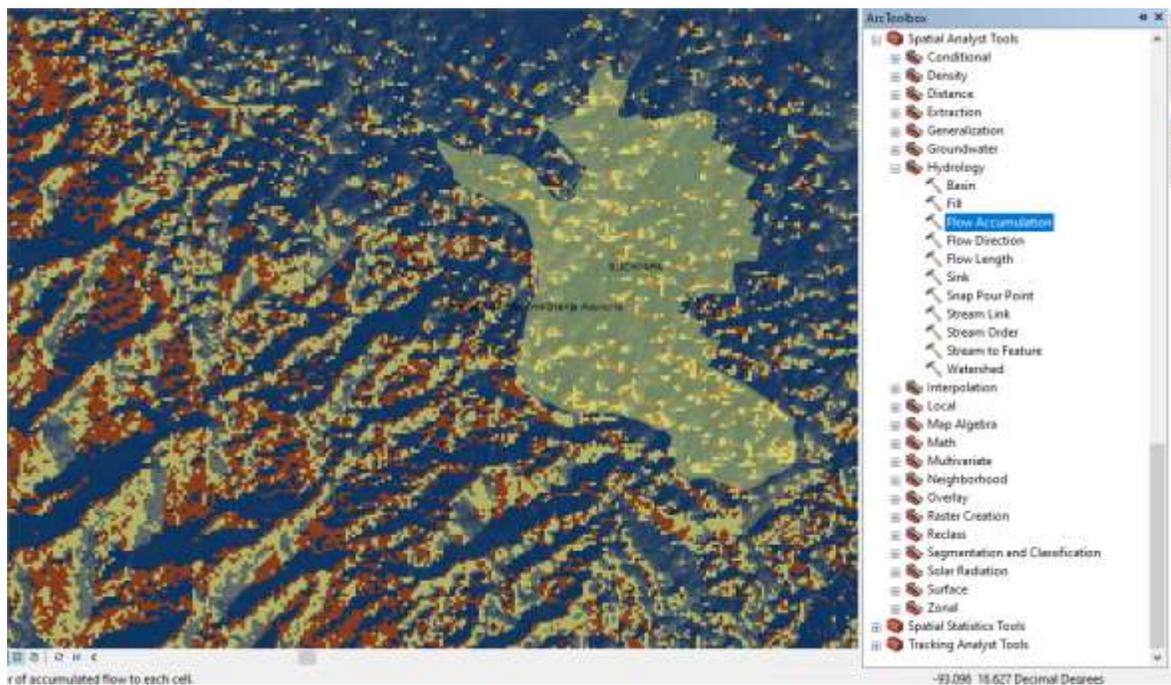


Imagen 14. Cálculo de dirección del flujo

Fuente: Elaboración propia

Seguido a esto con ayuda de la herramienta “Basin” se delimitaron las cuencas de la región; este cálculo lo hace en base a la dirección de los flujos calculado y permite establecer le delimitación de las áreas de escurrimiento, definiendo así las nanocuenas en formato Raster.

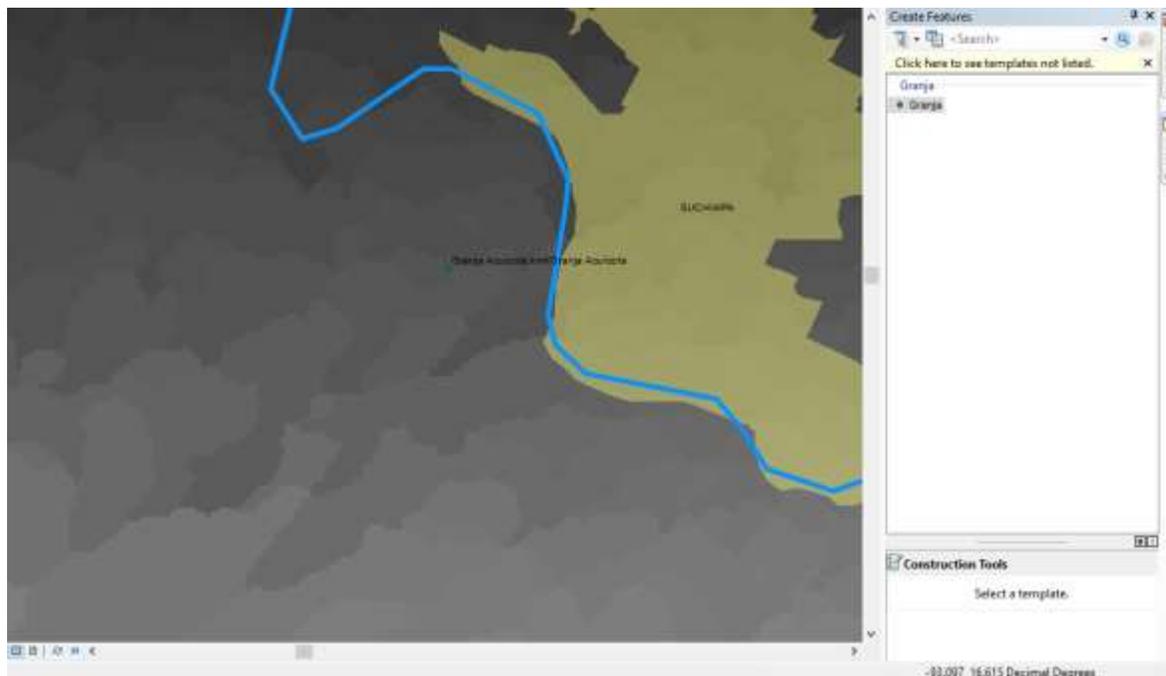


Imagen 15. Interpolación de microcuencas
Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenidas las nanocuenas de la región de interés continuamos realizando una conversión de la delimitación obtenida a formato Shapefile (Shp), esto lo logramos usando la herramienta “Raster to Polygon” en la sección de Herramientas de Conversión de la caja de herramientas.

**DIAGNÓSTICO DE LA NANOCUENCA PARA SUMINISTRO A UNA GRANJA ACUÍCOLA UBICADA EN
EL MUNICIPIO DE SUCHIAPA; CHIAPAS**
UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

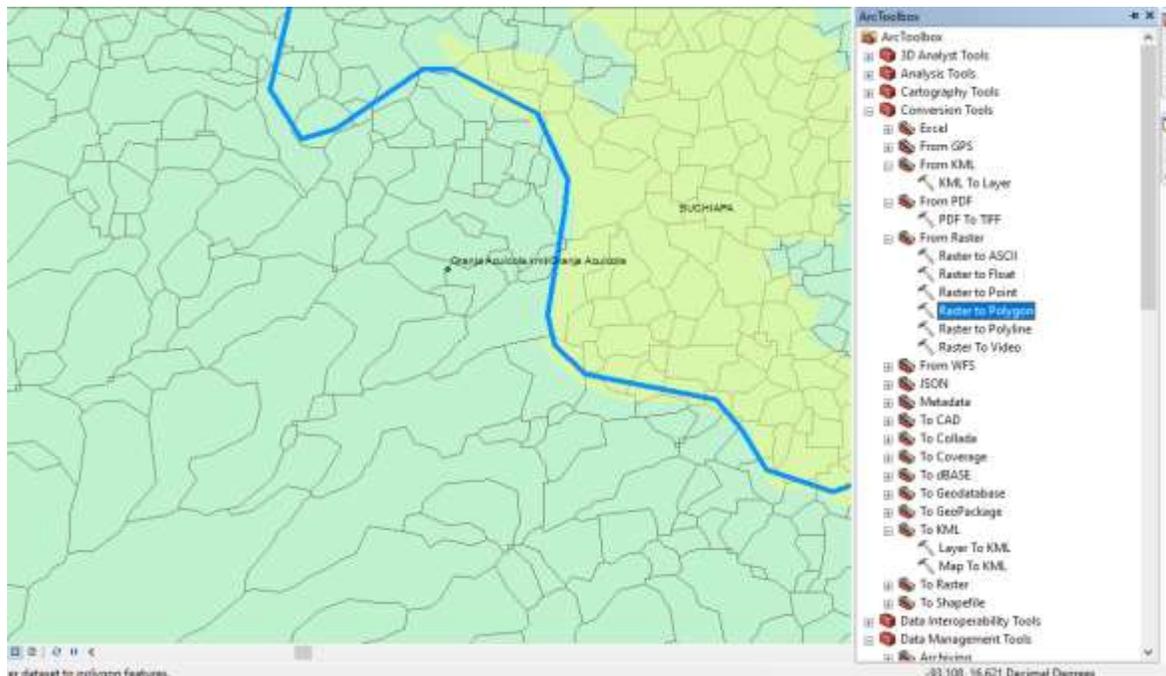


Imagen 16. División de Nanocuencas

Fuente: Elaboración propia

En consecuencia, se dispuso a convertir el archivo obtenido en formato Shp a un formato Keyhole Markup Language (KML), para su posterior análisis con ayuda del Software Libre Google Earth. Esto con el objeto de facilitar su procesamiento utilizando imágenes satelitales con 3 dimensiones como lo ofrece este software.

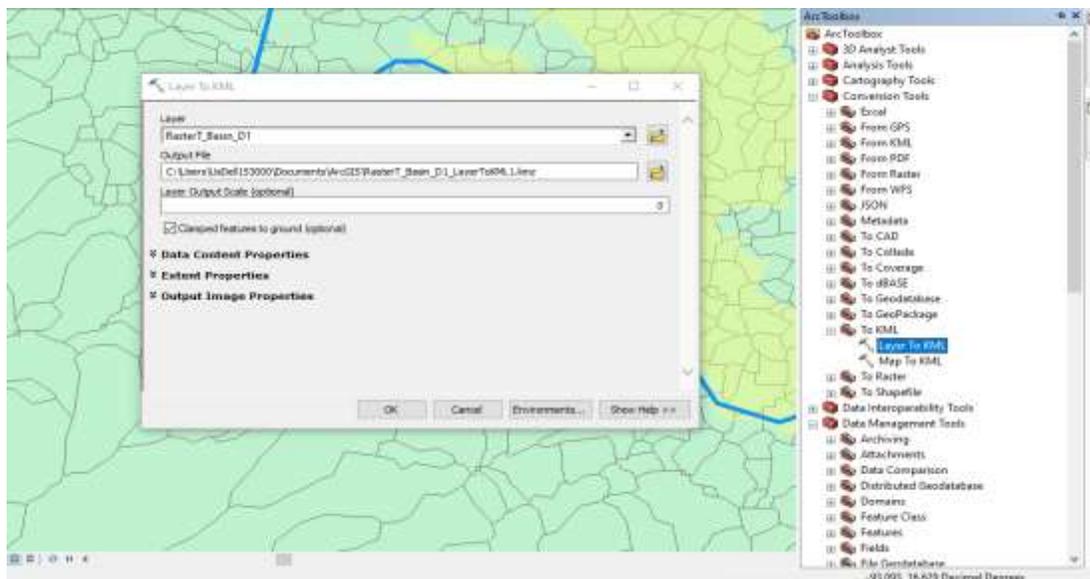


Imagen 17. Conversión de la Capa Nanocuencas a formato KML

Fuente: Elaboración propia

Ya obtenida la delimitación en formato Shp proseguimos a hacer una valoración geoespacial del resultado obtenido, esto con ayuda del Software Libre Google Earth, donde evaluamos pendientes y relieve buscando delimitar de forma lógica los escurrimientos y los límites de las nanocuenclas.



Imagen 18. Proyección de las Nanocuenclas en Google Earth

Fuente: Elaboración propia

La anterior delimitación el cual se basa en la definición básica de una cuenca, considerando las partes más altas de montañas, laderas o lomas donde se desarrollan escurrimientos superficiales generando así un sistema de drenaje que concentra sus aguas en un río principal que se integra al mar, lago o un río de mayor orden (Jiménez, 2000).

La delimitación de la parte baja de la cuenca se tornó complicada debido a que presenta un relieve llano que obstaculiza la identificación de las fronteras divisorias de las nanocuenclas circundantes; sin embargo, éste se delimitó usando siguiendo la topografía del relieve.

Una vez identificada las partes de la cuenca se procedió establecer los márgenes de ésta, obteniendo así la nanocuenca de estudio.

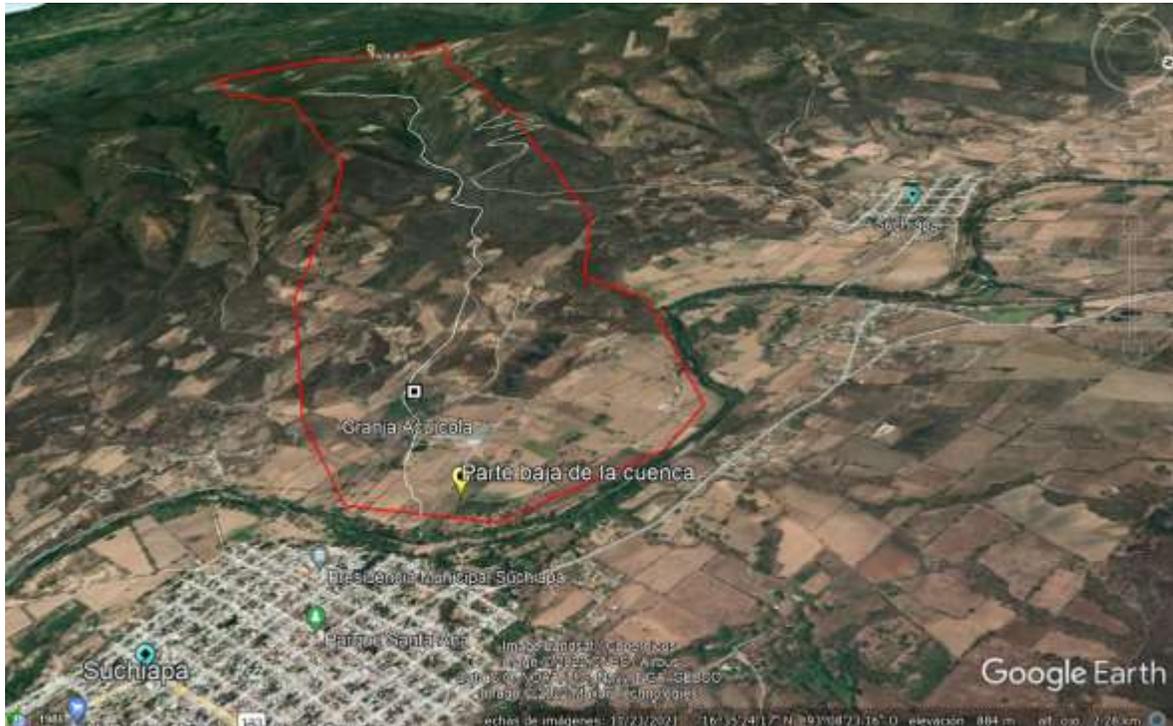


Imagen 19. Delimitación de la Zona de Estudio a partir de la elevación del terreno

Fuente: Elaboración propia

Finalmente se identificó el afluente superficial de la nanocuenca, la condición del flujo se caracteriza por ser perenne y estar activo solo en temporada de lluvias y ser de tercer orden, significa que durante la presencia de lluvias intensas puede a tener una fuerza de arrastre considerable.

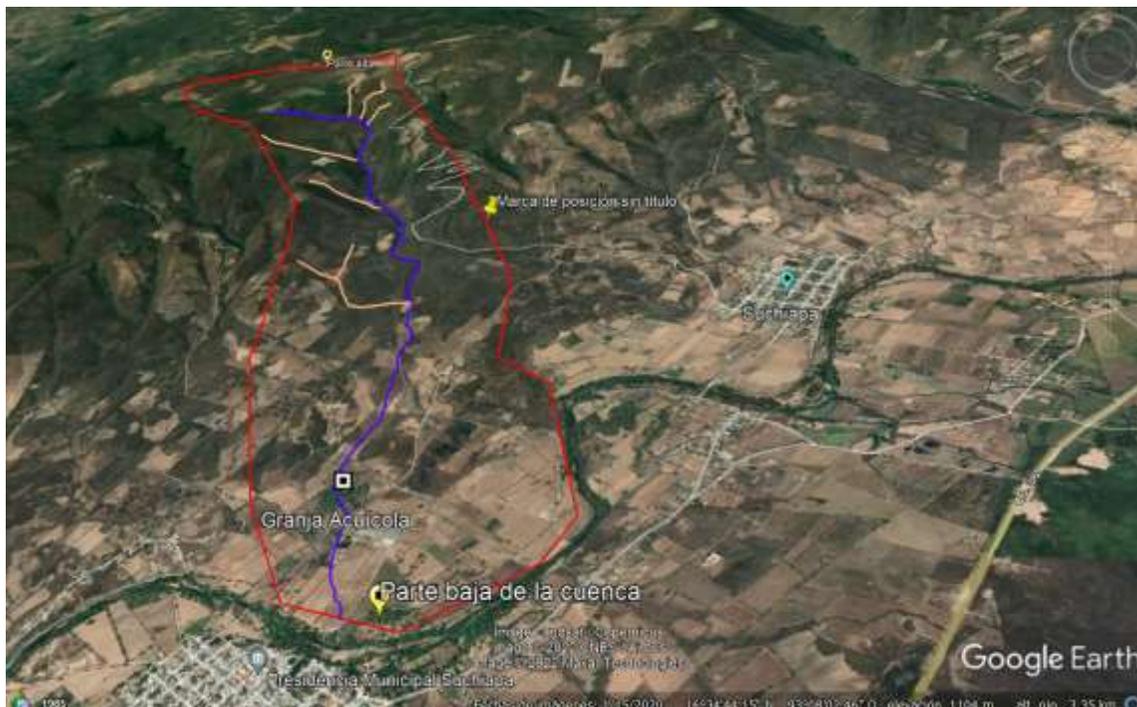


Imagen 20. Cálculo de trayectoria de los flujos internos

Fuente: Elaboración propia

5.3 CÁLCULO DE VARIABLES MORFOMÉTRICAS DE LA CUENCA

5.3.1 VARIABLES INDEPENDIENTES

Se procedió a calcular las variables independientes de la cuenca, en razón a las características físicas de la misma; obteniendo así los siguientes resultados:

Tabla 2. Variables Independientes de la Cuenca

Variables independientes de la cuenca	Abreviatura	Unidad	Resultado	
Área	A	Km ²	10.2	
Perímetro	P	Km	17.4	
Longitud del cauce principal	L_p	Km	6.8	
Longitud de la cuenca	L	Km	7.11	
Cota Máxima	M_{Max}	MSNM	1220	
Cota Mínima	M_{Min}	MSNM	440	
Centro de gravedad	C_g	Coordenadas UTM	X	N
			93° 8'10.15"	16°36'31.26"

Fuente: Elaboración propia

Con el cálculo de las variables independientes podemos obtener detalles físicos de la cuenca, tales como su extensión, perímetro, longitud del cauce principal y las coordenadas del centro de gravedad. El perímetro y su forma están directamente relacionados con la litología y la edad de la cuenca de drenaje. La forma redondeada del perímetro de una cuenca nos indica la presencia de materiales blandos y homogéneos, así como su edad; ya que las cuencas tienden a tomar forma redondeadas con el paso del tiempo (Jardí, 1985).

5.3.2 VARIABLES DEPENDIENTES

Las variables independientes sientan las bases para el cálculo de las variables dependientes, las cuales surgen a través de cálculos matemáticos sencillos pero fundamentales para identificar el comportamiento del ciclo hidrológico del agua en esta unidad de gestión. En este sentido se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 3. Variables independientes de la cuenca

Variables dependientes de la cuenca	Abreviatura	Unidad	Resultado
Razón de elongación	R_e	N/A	0.74
Factor de forma	R_f	N/A	0.22
Amplitud de la cuenca	W	N/A	1.5
Coefficiente de Redondez	K	N/A	3.56
Índice de forma	C	N/A	1.54
Razón de circularidad	R_c	N/A	0.42
Tiempo de Concentración	T_c	Hrs	2.23
Pendiente del cauce	m	N/A	0.11

Fuente: Elaboración propia

5.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE CALIDAD DEL AGUA (NMX-AA-051-SCFI-2001)

La presencia de metales pesados en aguas usadas para producción acuícola puede inferir en la calidad de la producción del recurso acuícola, contaminándolo y transformándolo en alimento no apto para consumo humano ((Cabrera , Cordon , & Arambarri, 2012)

De acuerdo a los resultados obtenidos se identificó la ausencia de metales pesados en el flujo que alimenta la granja acuícola; así mismo, tal como lo ratifica el estudio que se desarrolló en un laboratorio certificado a través de la metodología establecida en la NMX-AA-051-SCFI-2001 (ver anexo A). Con base a los resultados obtenidos podemos inferir que el flujo que alimenta la granja acuícola es apta para el desarrollo de esta actividad.

5.4.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LAS VARIABLES MORFOMÉTRICAS DE LA NANOCUENCA

Está claro que las variables morfométricas de una cuenca definen su comportamiento hidrológico superficial, es por eso que resulta de sumo interés analizarlas para predecir la concentración de los escurrimientos y tomar medidas de prevención adecuadas.

En este sentido la nanocuenca en cuestión está conformada por un flujo superficial principal perenne de tercer orden que de acuerdo a los resultados de las variables obtenidas podemos inferir que se trata de una cuenca de mediana, de forma alargada, con presencia de porciones accidentadas en la parte alta, así mismo indica la presencia de un buen sistema de drenaje reduciendo la incidencia de inundaciones en la parte baja de la cuenca. El resultado de la amplitud de la cuenca (W), Coeficiente de redondez (K) y el factor de forma señalan una cuenca elongada con una buena distribución pluvial ya que tanto las características de la cuenca como las del terreno permiten un correcto drenaje de los escurrimientos superficiales.

La cuenca de estudio es considerada una cuenca de reacción prolongada, debido a la extensión de la misma y a la diferencia entre las alturas máximas y mínimas, las cuales describen un tiempo de concentración largo que si bien debido a las bifurcaciones presentes en el terreno permiten la buena distribución de los escurrimientos evitando así el asolvamiento en la parte baja. Los estudios paramétricos de calidad del agua arrojaron ausencia de contaminantes por metales pesados, lo que resulta benéfico para el establecimiento de una granja acuícola.

Se recomienda que al establecer cualquier tipo de sistema acuícola se prevea la instalación de un sistema sencillo y eficaz para depurar las aguas residuales producidas, ya que la carga orgánica es alta y puede generar desequilibrio ecológico en la parte baja del afluente donde se instale.

REFERENCIAS

- Alicia Martín Campo, N. B. (25 de Abril de 2011). Morfometría fluvial aplicada a una cuenca urbana en Ingeniero White, República Argentina. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*. doi:0188-4611
- Cabrera , F., Cordon , R., & Arambarri, P. (2012). *Metales Pesados en las Aguas y Sedimentos de los Estuarios de los Ríos Guadalquivir y Barbate*. Sevilla, España: Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla. (C.S.I.C.). Recuperado el 10 de Mayo de 2022, de <http://www.limnologia.info/documentos/limnetica/limnetica-3-2-p-281.pdf>
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (24 de Abril de 2018). *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado el 05 de Agosto de 2022, de Diario Oficial de la Federación: https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGPAS_240418.pdf
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2018). *Ley General de Pesca y Acuacultura Sustentables*. Ciudad de México: DOF. Recuperado el 10 de Marzo de 2022, de https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGPAS_240418.pdf
- Cardona, B. L. (2017). *Conceptos básicos de Morfometría de Cuencas Hidrográficas*. Guatemala: Universidad de San. Recuperado el 12 de Julio de 2022
- Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, S.C. (2007). *Desarrollo de la Acuacultura Sustentable en México*. La Paz, B.C.S.: CIBNOR. Recuperado el 16 de Julio de 2022, de <http://cesasin.com.mx/DesarrolloSustentable.pdf>
- Cuéllar Lugo, M. B., Asiain Hoyos, A., Reta Mendiola, J. L., Gallardo López , F., & Juárez Sánchez, J. P. (Diciembre de 2018). Evolución normativa e institucional de la acuacultura en México. *Agricultura Social Desarrollo*, 15(4), 24. Recuperado el 10 de Febrero de 2022, de Cuéllar-Lugo, M. B. (2018, diciembre). Evolución normativa e institucional de la acuacultura en México. Scielo. Recuperado 10 de febrero de 2022, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722018000400541
- Dolores Garay, D., & Gabriel Agüero, J. N. (2018). *Delimitación Hidrográfica y Caracterización Morfométrica de la Cuenca del Río Anzulón*. La Rioja: Ediciones INTA. Recuperado el 07 de Octubre de 2022, de https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta-_delimitacion_y_caracterizacion_de_la_cuenca_del_rio_anzulon_1.pdf
- El Heraldo de Chiapas. (14 de Octubre de 2018). *El Heraldo de Chiapas*. Recuperado el 26 de Junio de 2022, de El Heraldo de Chiapas: <https://www.elheraldodechiapas.com.mx/local/chiapas-terreno-fertil-para-la-acuacultura-2473568.html>
- Garzón, M. A. (04 de Febrero de 2020). Caracterización de una cuenca: principios y métodos. *Caracterización de una cuenca: principios y métodos*. México, México: Colegio Mexicano de

- Ingenieros en Irrigación A.C. Recuperado el 10 de Octubre de 2022, de <https://www.riego.mx/files/webinars/webinar04.pdf>
- Gobierno de México. (04 de Mayo de 2018). *Instituto Nacional de la Economía Social*. Recuperado el 05 de Septiembre de 2022, de Instituto Nacional de la Economía Social: <https://www.gob.mx/inaes/articulos/acuicultura-historia-y-actualidad-en-mexico?idiom=es>
- Gobierno de México. (2019 de Julio de 2019). *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado el 10 de Septiembre de 2022, de Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5565599&fecha=12/07/2019#gsc.tab=0
- Gobierno del Estado de Jalisco. (18 de Julio de 2014). *Agricultura y Desarrollo*. Recuperado el 11 de Marzo de 2022, de Calidad del Agua en la Agricultura: <https://sader.jalisco.gob.mx/fomento-acuicola-y-pesquero-e-inocuidad/519>
- Gutiérrez, M. O. (2004). *La Pesca en Chiapas*. Tonalá, Chiapas. Recuperado el 22 de Agosto de 2022, de https://www.fec-chiapas.com.mx/sistema/biblioteca_digital/13916.66.59.1.la-pesca-en-chiapas.pdf
- Ibañez, A. S., Moreno Ramón, H., & Gisbert Blanquer, J. (2012). *Morfología de las Cuencas Hidrográficas*. Valencia, España: Universida Politécnica de Valencia. Recuperado el 05 de Agosto de 2022, de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/10782/Morfologia%20cuenca.pdf?sequence=1>
- Instituto Nacional de Estadística de Panamá. (2018). *aracterización del subsector piscicultor en Palmira, Pradera, Candelaria y Florida*. Universidad del Valle. Palmira-Valle de Cauca: Programa Académico de Administración de Empresas. Recuperado el 02 de Marzo de 2022, de Piscicultura y definiciones: <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/19071/0602505.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (México). (2014). *Guía para la interpretación de cartografía : edafología : escala 1:250 000 : serie*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.-- México. Recuperado el 16 de Octubre de 2022, de https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825076221.pdf
- Jardí, M. (1985). Forma de una cuenca de drenaje Analisis de las variables que nos la definen. *Revista de Geografía, XIX*, 41-68. Recuperado el 17 de Marzo de 2022, de <https://www.raco.cat/index.php/RevistaGeografia/article/download/45789/56812/0>
- Jardí, M. (1985). Forma de una cuenca de drenaje. Analisis de las Variables Morfométricas que nos la Definen. *Revista Geográfica*, 41-68. Recuperado el 16 de Octubre de 2022, de [file:///C:/Users/UsDell153000/Downloads/45789-Text%20de%20'article-57011-1-10-20061123%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/UsDell153000/Downloads/45789-Text%20de%20'article-57011-1-10-20061123%20(2).pdf)

- Jiménez, J. F. (2000). *Manejo de Cuencas Hidrográficas*. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Área de Cuencas y Sistemas Agroforestales. Recuperado el 16 de 03 de 2022, de https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8431/Manejo_de_cuencas_hidrograficas.pdf?sequence=1
- Langarica, E. E. (2019). *Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables y su Impacto en el Desarrollo Acuícola de la Región Central del Estado de Veracruz*. Tapetates, Malio Fabio Altamirano, Veracruz; México: Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas del Colegio de Postgraduados. Recuperado el 16 de 04 de 2022, de http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/10521/3345/1/Krauss_Langarica_EE_MC_Agroecosistemas_Tropicales__2019.pdf
- López, A. J. (2006). *Manual de Edafología*. Sevilla, España: Departamento de Cristalografía, Minerología y Química Agrícola de la Universidad de Sevilla. Recuperado el 17 de Julio de 2022, de <http://biblioteca.utsem-morelos.edu.mx/files/asp/topografia/manual%20De%20Edafologia-Jordan.pdf>
- M., N. C., O., L. C., P, M. S., L., C. F., & L., S. V. (2012). Acuicultura: Estado Actual y Retos de la Investigación en México. *Revista científica de la Sociedad Española de Acuicultura*, 3-4. Recuperado el 22 de 02 de 2022, de <http://revistaaquatic.com/ojs/index.php/aquatic/article/view/119/108#>
- Martínez Martínez, S. T., & González Laxe, F. (04 de 12 de 2016). La Construcción de la Política Pesquera en México. Una Mirada desde el Campo Geográfico. *Atlantic Review of Economics*, 2. Recuperado el 05 de Octubre de 2022, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5776341>
- Matauco, A. I. (2004). *Análisis Morfométrico de la Cuenca y de la Red de Drenaje del Río Zadorra y sus Afluentes Aplicado a la Peliogrisidad de Crecidas*. España: Universidad del País Vasco. Recuperado el 04 de Agosto de 2022, de <file:///C:/Users/UsDell153000/Downloads/Dialnet-AnalisisMorfometricoDeLaCuencaYDeLaRedDeDrenajeDel-1079160.pdf>
- Mendoza, A. M. (2006). La Acuicultura como Estrategia de Desarrollo de Zonas Costeras y Rurales en México. *Ra Ximhai*, 2-18.
- Platas, R. D., & Vilaboa, A. J. (2014). La Acuicultura Mexicana: Potencialidad, Retos y Áreas de Oportunidades. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 35, 3. Recuperado el 22 de Febrero de 2022, de <https://www.redalyc.org/pdf/141/14131676015.pdf>
- Rojo, J. (2014). *Estudio Topohidráulico e hidrológico sobre el río Altar*. Universidad de Sonora. Recuperado el 03 de Septiembre de 2022, de <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/8417/Capitulo3.pdf>
- Sal, F. M. (s/f). *Acuicultura-Energías Renovables*. (G. y. Ministerio de Agricultura, Ed.) Recuperado el 10 de Marzo de 2022, de https://inta.gob.ar/sites/default/files/ntesivos_en_acuicultura.pdf

**DIAGNÓSTICO DE LA NANOCUENCA PARA SUMINISTRO A UNA GRANJA ACUÍCOLA UBICADA EN
EL MUNICIPIO DE SUCHIAPA; CHIAPAS**
UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación del Estado de Chiapas. (2006). *Informe de Evaluación Estatal*. Tuxtla Gutiérrez: Gobierno del Estado de Chiapas. Recuperado el 11 de Septiembre de 2022, de <https://www.agricultura.gob.mx/sites/default/files/sagarpa/document/2018/11/16/1538/16112018-2006-edo-chis-ap-2006.pdf>
- Secretaría de Gobernación. (1979). *Manual de Organización General del Departamento de Pesca*. México: Diario Oficial de la Federación. Recuperado el 15 de Abril de 2022, de https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4844675&fecha=17/12/1979#gsc.tab=0
- Secretaría de Gobierno del Estado de Chiapas. (2009). *DECRETO NÚMERO 226*. Tuxtla Gutiérrez; Chiapas: Periódico Oficial del Estado. Recuperado el 11 de Septiembre de 2022, de <http://www.secretariadelcampo.gob.mx/documentos/juridico/LEY%20DE%20PESCA%20Y%20ACUA%20CULTURA%20SUSTENTABLE%20PARA%20EL%20EDO.%20DE%20CHIAPAS.pdf>
- Tamariz Turizo, C. E., & López Salgado, H. J. (Septiembre de 2006). Aproximación a la Zonificación Climática de la Cuenca del Río Gaira. *Antrópica*, 3, 69-79. Recuperado el 12 de Septiembre de 2022, de <https://revistas.unimagdalena.edu.co/index.php/intropica/article/view/128/112>
- Unidas Organización de Naciones. (2021). *Población*. Recuperado el 12 de Marzo de 2022, de Una Población en Crecimiento: <https://www.un.org/es/global-issues/population#:~:text=Se%20espera%20que%20la%20poblaci%C3%B3n,de%2011.000%20millones%20para%202100>.
- Universidad de Sevilla. (Agosto de 2015). *Suelos de Andalucía Occidental*. Recuperado el 11 de Septiembre de 2022, de Vertisol pélico: <http://institucional.us.es/suelos/index.php/p/vp>
- Valdés Carrera, A. C., & Henández Guerrero, J. A. (2018). Zonas funcionales y unidades de paisaje físico-geográfico en la microcuenca Potrero de la Palmita, Nayarit, México. *Revista Geográfica de América Central*, 189-229. Recuperado el 04 de Agosto de 2022, de Zonas funcionales y unidades de paisaje físico-geográfico en la microcuenca Potrero de la Palmita, Nayarit, México: <https://www.redalyc.org/journal/4517/451755917008/html/>
- Vallarino, C. C. (2011). *Detección de Metales Pesados en Agua*. Tonantzintla; Puebla: INAOE. Recuperado el 12 de Septiembre de 2022, de <https://inaoe.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1009/671/1/ChavezVC.pdf>
- Yurrita, P. J. (2000). *La Acuicultura en México II: Época Actual y Perspectivas*. Ciudad de México: Biología Informa. Recuperado el 24 de Marzo de 2022, de https://www.researchgate.net/profile/Pedro-Gutierrez-Yurrita/publication/256458397_La_acuicultura_en_Mexico_II_Epoca_actual_y_perspectivas/links/0deec522caccd7dde2000000/La-acuicultura-en-Mexico-II-Epoca-actual-y-perspectivas.pdf

**ANEXO A RESULTADOS DEL EXAMEN DE CALIDAD DEL AGUA CON RESPECTO A LA
NMX-AA-051-SCFI-2001 PARA METALES PESADOS**

HOJA DE RESULTADOS

<i>Muestra</i>	<i>Consecutivo de laboratorio</i>	<i>Mercurio (ug/L)</i>
E1	63/21	Menor que 2.2 ug/L
E2	64/21	Menor que 2.2 ug/L
E3	65/21	Menor que 2.2 ug/L

Nota	La leyenda " Menor que ", significa que la concentración del elemento en la muestra, es menor al valor determinado en el laboratorio como límite de cuantificación de cada uno de los elementos. El límite de cuantificación representa el menor valor de concentración que es determinado con un nivel de confianza analíticamente aceptable.
------	--

Límite de cuantificación	Mercurio (ug/L)
	2.2

----- FIN DEL REPORTE -----